

**АЕРОКОСМІЧНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ**

УДК 629.7.073

<sup>1</sup>**В.П. Харченко**, д.т.н., проф.<sup>2</sup>**Т.Ф. Шмельова**, к.т.н., доц.<sup>3</sup>**Ю.В. Сікірда**, к.т.н., доц.**ГРАФОАНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
ЛЮДИНОЮ-ОПЕРАТОРОМ АЕРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**<sup>1</sup>Національний авіаційний університет

E-mail: kharch@nau.edu.ua

<sup>2,3</sup>Державна льотна академія України<sup>2</sup>E-mail: Shmelova@ukr.net<sup>3</sup>E-mail: SikirdaYulia@yandex.ru

*Наведено фактори, що впливають на людину-оператора, яка приймає рішення, в аеронавігаційній системі. У результаті декомпозиції отримано графоаналітичні моделі розвитку польотної ситуації та прийняття рішення людиною-оператором в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації повітряного корабля.*

*Article includes formalized factors that affect the human operator decision-maker in the Air Navigation System. As a result of decomposition obtained Graphic analytical models, such as the flight situation's development model and the human operator's decision-making model in the expected and unexpected conditions of the aircraft operation.*

*Приведены факторы, влияющие на человека-оператора, принимающего решения, в аэронавигационной системе. В результате декомпозиции получены графоаналитические модели развития полетной ситуации и принятия решения человеком-оператором в ожидаемых и неожиданных условиях эксплуатации воздушного судна.*

**Постановка проблеми**

Важливе місце в єдиній транспортній системі України належить авіаційному транспорту, значення якого у світі постійно зростає.

Необхідною складовою авіаційного транспорту є аеронавігаційна система (АНС), призначена для високоефективного забезпечення виконання польотів.

Сучасна АНС є складною ієрархічною людино-машинною системою, яка завдяки використанню спеціальних технічних засобів забезпечує організацію повітряного руху безпечним, регулярним та ефективним аеронавігаційним обслуговуванням.

Виконанням вимог до безпеки польотів за значної інтенсивності та щільності польотів, несприятливих погодних умов, можливих відмов засобів аеронавігації і впливу людського фактора займаються вчені й авіаційні фахівці протягом всієї історії авіації.

Однак питання оцінки, аналізу, прогнозування та підвищення ефективності функціонування АНС вимагають подальших досліджень.

Статистичні дані про авіаційні події за останні десятиліття вказують на домінуючу роль впливу людського фактора на загальну кількість авіаційних подій, що становить близько 80% [1; 2].

Значна частка авіаційних подій (49%) припадає на свідомі порушення членами екіпажів повітряних кораблів (ПК) льотних законів, правил, інструкцій, процесу передпольотної підготовки (42%) [2].

Традиційні способи, такі, як підвищення рівня професійної підготовки, трудової дисципліни тощо, в цьому випадку практично безсилі, оскільки авіаційний фахівець професійно достатньо підготовлений [3].

Причини більшості авіаційних подій пов'язані з психологією членів екіпажу та потребують відповідного розгляду.

Проблема підвищення безпеки функціонування людини-оператора лежить за межами однієї області знань, і вирішити її можливо тільки шляхом комплексного підходу.

Дослідження людського фактора виконуються в межах концепцій ІКАО впровадженням систем CNS/ATM [4]:

- орієнтована на людину автоматизація;
- ситуативна обізнаність;
- контроль за помилками.

Напрямок роботи визначений розробленням системи оцінювання ефективності прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергономічної системи в неочікуваних умовах експлуатації ПК з урахуванням психофізіологічних якостей пілота та диспетчера.

#### Аналіз досліджень і публікацій

Дослідження професійної діяльності людини є важливою та складною проблемою інженерної психології, ергономіки, психології, фізіології праці.

Незважаючи на постійне вдосконалення техніки, автоматизацію процесу діяльності, функції людини ускладнюються, а економічна і соціальна значимість результатів його праці та наслідків збільшується.

Зростаюча ціна помилок оператора вимагає постійну необхідність пошуку шляхів і засобів забезпечення ефективного функціонування людини в нормальних і екстремальних умовах діяльності.

Одним з основних факторів в аваріях і катастрофах, що сталися внаслідок людської помилки, є відсутність операційного розуміння ситуації [5].

Операційне розуміння ситуації – життєво важливий елемент діяльності людини, де велика інтенсивність інформаційного потоку, а невірне рішення може призвести до тяжких наслідків.

Моделі поведінкової діяльності людини-оператора Ендслі «Situational Awareness» (операційне поняття ситуації) та групи людей «Team Situational Awareness» [5] дають

цілісне розуміння ситуації та можливість людині-оператору цілеспрямовано й ефективно діяти в критичних ситуаціях.

Кібернетична модель американського військового полковника Джона Бойда OODA (Observe – спостерігай, Orient – орієнтуйся, Decide – вирішуй, Act – дій) є спрощеною моделлю людської діяльності в умовах збройної боротьби та конкуренції [5]. У моделі зображено:

- розвиток ситуації по спіралі;
- взаємодія з зовнішнім середовищем на кожному витку спіралі;
- відповідний вплив на супротивника.

Але в циклі немає наслідування досвіду, що є найважливішим елементом систем підтримання прийняття рішень.

У моделі прийняття рішення в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК, розробленою авторами, як супротивник визначений особливий випадок у польоті.

Крім досвіду, що входить до професійної підготовки людини-оператора [3], ергономічних особливостей АНС [6] та інформаційного забезпечення людини-оператора [7; 8], на професійну діяльність людини-оператора значний вплив мають непрофесійні фактори [9], особливо у разі прийняття рішення людиною-оператором у неочікуваних умовах експлуатації ПК.

Урахування впливу факторів зовнішнього середовища в разі прийняття рішення людиною-оператором (професійного і непрофесійного характеру), розвиток ситуації від нормальної до катастрофічної, умови експлуатації ПК (очікувані і неочікувані) дозволяють моделювати дії людини-оператора в особливих випадках польоту з упередженням.

За нормальної ситуації оператором виконуються стандартні процедури пілотування та обслуговування повітряного руху, які чітко регламентовані нормативними документами.

Позаштатні ситуації вимагають оперативного втручання людини-оператора в розвиток подій для попередження переходу ситуації в ранг катастрофічної (рис. 1).

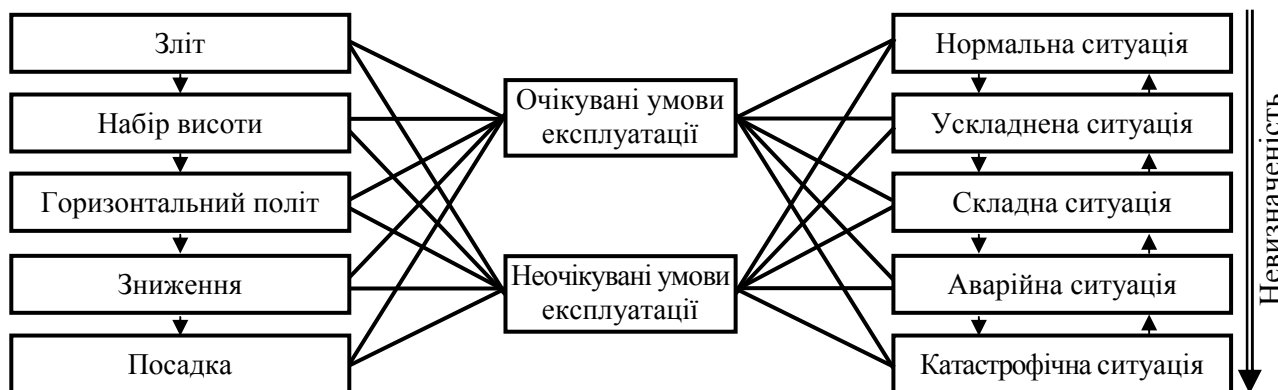


Рис. 1. Розвиток польотної ситуації в умовах динамічної повітряної ситуації

При цьому керівництво з льотної експлуатації розраховано тільки на очікувані умови експлуатації ПК і не включає в себе дії екіпажу в екстремальних умовах, зустрічі з якими можна надійно уникнути введенням експлуатаційних обмежень і правил. Через це в близько 20% випадків екіпаж не має чітких інструкцій з парирования позаштатних ситуацій на борту ПК [1].

Основна частина авіаційних подій виникає в неочікуваних умовах експлуатації ПК.

#### Мета роботи:

- проведення декомпозиції процесу прийняття рішення людиною-оператором АНС;
- моделювання переваг людини-оператора АНС у разі впливу на прийняття рішень соціально-психологічних факторів;
- побудова моделі емоційного стану людини-оператора АНС;
- розроблення графоаналітичних моделей розвитку польотної ситуації і прийняття рішення людиною-оператором АНС.

#### Декомпозиція процесу прийняття рішень людиною-оператором

Вирішення проблем, пов'язаних з упровадженням автоматизованих систем у системах CNS/ATM, дає концепція активного оператора [4], виходячи з якої людина-оператор в автоматизованій системі керування має безпосередньо і активно брати участь у керуванні.

Нині недостатньо практичних рекомендацій для вирішення завдань з організації, діагностування та прогнозування діяльності оператора в складних системах керування, формування адаптивних інформаційних моделей. Одним із можливих підходів до вирішення цих проблем є формалізація діяльності операторів складних систем керування, до яких відноситься АНС.

Для комплексного врахування факторів, що впливають на людину-оператора АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК, розроблено ієрархічну модель прийняття рішення людиною-оператором (рис. 2).

Людина-оператор АНС сприймає основну інформацію через зоровий, слуховий, тактильний і вербальний канали та з урахуванням попереднього досвіду:

$$\bar{G}_o = \{G_{os}, G_{oh}, G_{ot}, G_{ov}, G_{oe}\}.$$

Ідентифікація ситуації оператором залежить від етапу польоту:

$$\bar{G}_p = \{G_{p1}, G_{p2}, G_{p3}, G_{p4}, G_{p5}\},$$

типу польотної ситуації:

$$\bar{G}_s = \{G_{s1}, G_{s2}, G_{s3}, G_{s4}, G_{s5}\},$$

умов експлуатації ПК

$$\bar{G}_c = \{G_{c1}, G_{c2}\}.$$

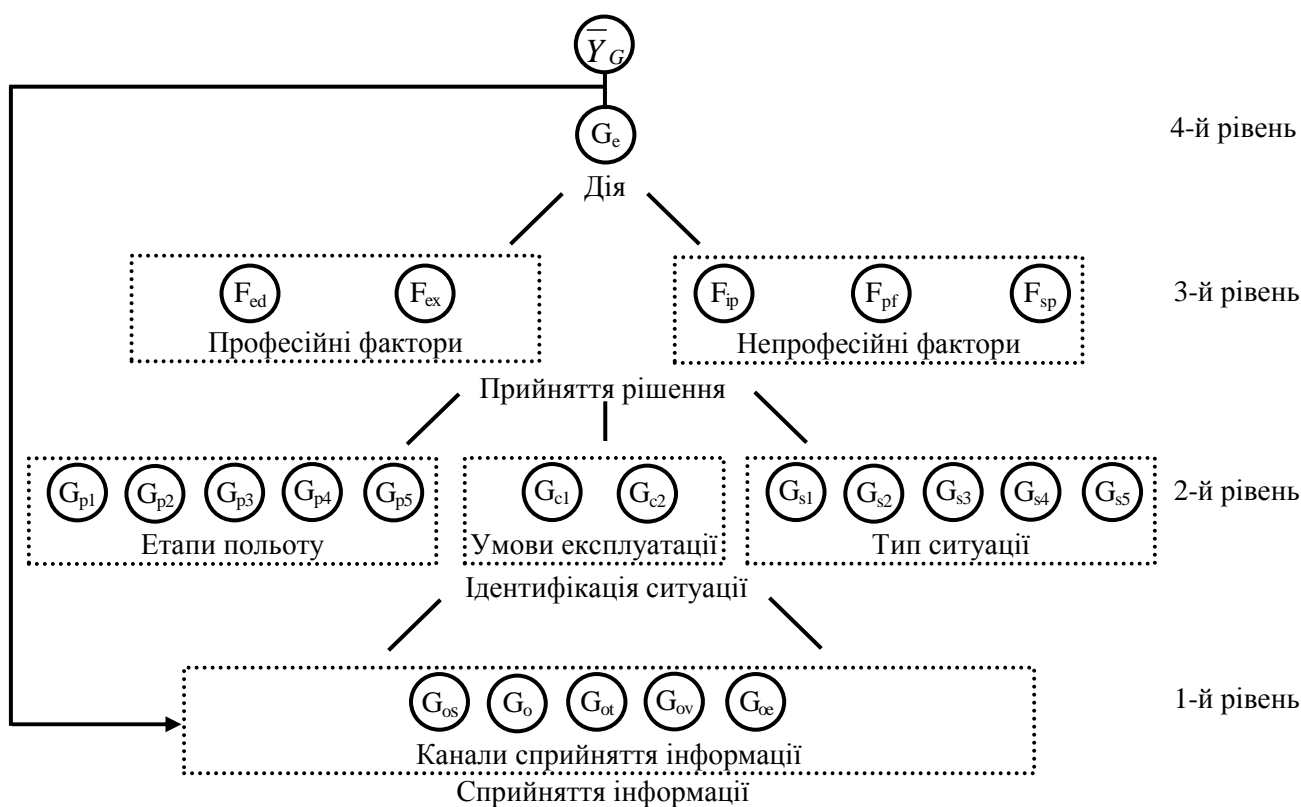


Рис. 2. Ієрархічна модель прийняття рішень людиною-оператором в АНС:

$G_{os}$  – зоровий канал;

$G_{oh}$  – слуховий канал;

$G_{ot}$  – тактильний канал;

$G_{ov}$  – вербальний канал;

$G_{oe}$  – попередній досвід;

$G_{p1}$  – зліт;

$G_{p2}$  – набір висоти;

$G_{p3}$  – горизонтальний політ;

$G_{p4}$  – зниження;

$G_{p5}$  – посадка;

$G_{c1}$  – очікувані умови експлуатації ПК;

$G_{c2}$  – неочікувані умови експлуатації ПК;

$G_{s1}$  – нормальна ситуація;

$G_{s2}$  – ускладнена ситуація;

$G_{s3}$  – складна ситуація;

$G_{s4}$  – аварійна ситуація;

$G_{s5}$  – катастрофічна ситуація;

$F_{ed}$  – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором в процесі навчання;

$F_{ex}$  – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором в процесі професійної діяльності;

$F_{ip}$  – індивідуально-психологічні якості людини-оператора;

$F_{pf}$  – психофізіологічні якості людини-оператора;

$F_{sp}$  – соціально-психологічні якості людини-оператора;

$G_e$  – набутий досвід;

$\bar{Y}_G$  – вектор прогнозованих дій людини-оператора

На прийняття рішення людиною-оператором впливають фактори професійного характеру [1; 3]:

$$\overline{F}_p = \{F_{ed}, F_{exp}\}$$

та непрофесійного характеру [9]:

$$\overline{F}_{np} = \{F_{ip}, F_{pf}, F_{sp}\}.$$

У підсумку параметр  $\overline{Y}_G$ , на основі якого прогножуються дії людини-оператора АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК, є множиною перелічених факторів:

$$\overline{Y}_G = \{\overline{G}_o, \overline{G}_p, \overline{G}_s, \overline{G}_c, \overline{F}_p, \overline{F}_{np}, \overline{G}_e\}.$$

### Модель переваг людини-оператора

З позицій системного підходу визначено фактори, що впливають на прийняття рішень людиною-оператором:

1) професійні:

- знання;
- навички;
- уміння;

2) непрофесійні:

- індивідуально-психологічні;
- психофізіологічні;
- соціально-психологічні.

Вплив факторів непрофесійного характеру (соціально-психологічних) на професійну діяльність людини-оператора АНС розглянуто в роботах [1; 3; 9].

Визначення ступеня важливості впливу соціально-психологічних факторів на прийняття рішень людиною-оператором у разі виникнення аварійної ситуації в польоті здійснено методом експертних оцінок.

Респонденти з числа пілотів і диспетчерів різних вікових категорій, з різним професійним досвідом заповнили запропоновані анкети та визначили індивідуальні переваги щодо впливу 13 факторів непрофесійного характеру на прийняття рішень у процесі їх професійної діяльності (табл. 1).

Порівнявши вагові значення, встановили пріоритетні впливи факторів на авіаційних фахівців.

На діяльність пілотів, які брали участь у дослідженні, суттєво впливають такі фактори в ході прийняття рішень (рис. 3):

- власний імідж;
- імідж корпорації;
- інтереси сім'ї.

Респонденти-диспетчери істотну увагу приділяють інтересам сім'ї, власному економічному становищу і кар'єрному росту.

Дослідження впливу соціально-психологічних факторів на професійну діяльність людини-оператора АНС дозволило отримати відомості про такі структурні складові особистості авіаційного фахівця, як мотиви поведінки, цінності й пріоритети, ієрархію і розвиток цих динамічних категорій на етапах прийняття рішень людиною оператором: сприйняття інформації, ідентифікації ситуації, прийняття рішень, дії.

### Модель емоційного стану людини-оператора

Для прогнозування розвитку польотних ситуацій важливо володіти інформацією щодо поточного емоційного стану людини-оператора, що керує ПК, а також мати кількісну оцінку його можливостей для здолання ускладнень у польоті.

Найбільш поширеними засобами оцінювання стану роботи пілота є параметри пілотування та переговори в кабіні екіпажу. Найбільш доступними є параметри пілотування, які реєструються сучасними засобами.

У результаті моделювання комплексу для оцінювання ризику прийняття рішення авіаційним диспетчером з урахуванням індивідуальних якостей людини-оператора в автоматизованій системі з застосуванням методів штучного інтелекту визначено апріорні моделі емоційного стану пілота.

Для оперативного визначення відхилень емоційного стану пілота та упередження прийняття ним рішення в умовах ризику застосовувалася концепція психічної діяльності людини, в основу якої покладена відома властивість свідомості людини затримувати або прискорювати течію суб'єктивного часу відносно реального часу [1].

Таблиця 1

## Система переваг пілота і диспетчера

№ з/п	Фактори	Пілот		Диспетчер	
		Вага фактора	Ранг фактора	Вага фактора	Ранг фактора
1	Релігійні погляди	0,032967	11	0,010989	13
2	Філософські погляди	0,016484	12,5	0,021978	12
3	Кар'єра	0,10989	4	0,120879	3
4	Авторитет	0,076923	7	0,098901	5
5	Корпоративні інтереси	0,131868	2	0,087912	6
6	Економічний інтерес підприємства	0,087912	6	0,076923	7
7	Особистий економічний інтерес	0,098901	5	0,131868	2
8	Інтереси сім'ї	0,120879	3	0,142857	1
9	Інтереси колег	0,065934	8	0,10989	4
10	Інтереси керівництва компанії	0,054945	9	0,043956	10
11	Імідж	0,142857	1	0,065934	8
12	Політичний інтерес	0,016484	12,5	0,032967	11
13	Правові норми	0,043956	10	0,054945	9

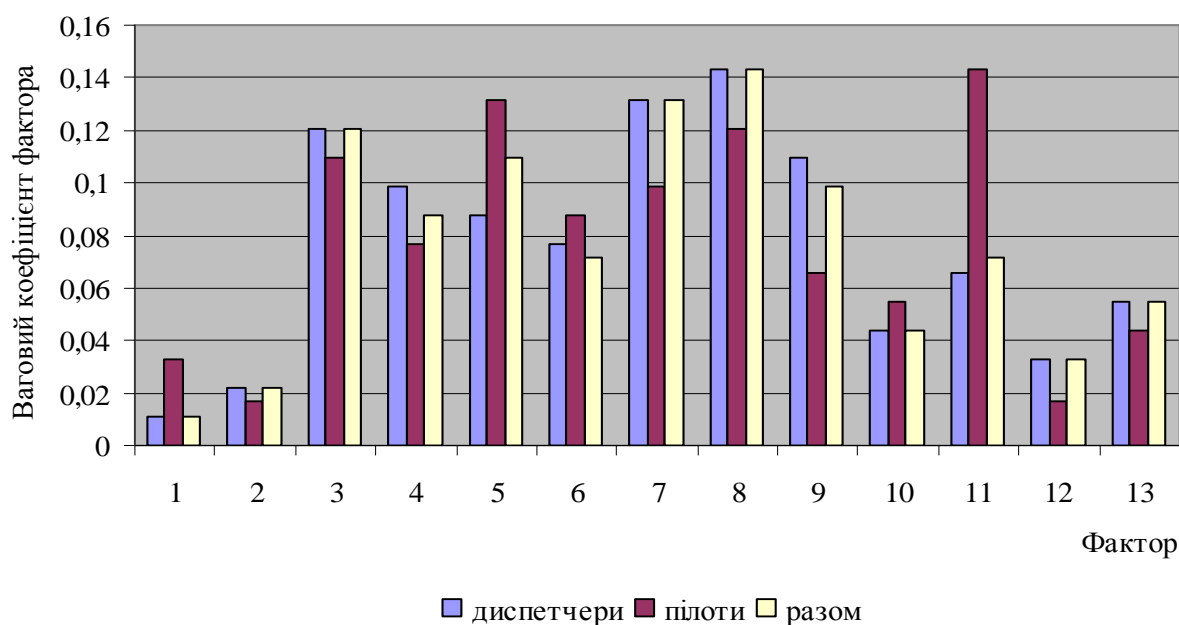


Рис. 3. Вплив факторів непрофесійного характеру на професійну діяльність пілотів і диспетчерів:

- 1 – релігійні погляди;
- 2 – філософські погляди;
- 3 – кар'єра;
- 4 – авторитет;
- 5 – корпоративні інтереси;
- 6 – економічний інтерес підприємства;
- 7 – особистий економічний інтерес;
- 8 – інтереси сім'ї;
- 9 – інтереси колег;
- 10 – інтереси керівництва компанії;
- 11 – імідж;
- 12 – політичний інтерес;
- 13 – правові норми

Спонтанний (оптимальний), емоційний та розсудливий тип діяльності визначаються за графіками деформацій емоційного досвіду, отриманими Міжнародним авіаційним комітетом на основі апостеріорних досліджень фактичного матеріалу розслідування авіаційних подій.

Дії пілота в оптимальному (спонтанному), емоційному та розсудливому режимах діяльності визначені фазовими траєкторіями для відхилення елеронів і руля напрямку.

Спонтанне (оптимальне) пілотування характеризується правильністю та своєчасністю дій пілота в особливій ситуації.

У разі росту емоціональної напруги можливий перехід пілота до потенційно небезпечних видів психічної діяльності:

– емоційної з випередженням дій відносно реального часу;

– розсудливої з запізненням дій відносно реального часу.

Для апріорної ідентифікації емоційного стану пілота застосовуються методи дисперсійного аналізу [10]:

– дисперсійний аналіз відносно точки;

– дисперсійний аналіз за умови, що кожна точка вважається випадковим вектором із початком у початку координат і кінцем у даній точці;

– дисперсійний аналіз відносно ділянки, яка являє собою поле, точки всередині якого відповідають емоційному стану пілота.

Розглянемо розрахунок дисперсії за допомогою MS Excel на прикладі спонтанного типу діяльності.

Першим методом оцінки обрано метод знаходження дисперсії відносно точки, сума відстаней від якої до інших точок є мінімальною.

Знайдемо центр розподілу випадкової величини як точки, яка характеризує амплітуду та темп рухів пілота ( $X_0$  і  $Y_0$  відповідно) та через яку графік проходить найбільшу кількість рахів (точка з координатами (0,61; 0,01).

Дисперсія випадкової величини  $X$ :

$$D_x = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 f(x) dx,$$

де  $f(x)$  – щільність розподілу випадкової величини  $X$ ;

$m_x$  – математичне сподівання випадкової величини  $X$ .

Дисперсія дискретної випадкової величини:

$$D_x = M(X^2) - M^2(X),$$

де  $M(X^2)$  – математичне сподівання квадрата випадкової величини;

$$M(X^2) = \sum_{i=1}^n X_i^2 p_i;$$

$M^2(X)$  – квадрат математичного сподівання випадкової величини:

$$M^2(X) = (\sum_{i=1}^n X_i p_i)^2,$$

$p_i$  – ймовірність.

Дисперсія випадкової величини для спонтанного типу:

$$D = \sum_{i=1}^{100} 0,01 X_i^2 - (\sum_{i=1}^{100} 0,01 X_i)^2;$$

$$D = 0,74.$$

Розраховані межі дисперсії спонтанного, розсудливого та емоційного типів діяльності людини-оператора АНС, показані на рис. 4–6, наведено в табл. 2.

Якщо дисперсія приймає значення більше заданих, це вказує на зміни в емоційному стані пілота.

Другий метод передбачає розгляд точок на графіках, як проекції випадкових двовірних векторів та їх розподіл на площині.

Густина випадкової величини  $X$ :

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} dx \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy = \int_{-\infty}^{\infty} \{f(x, y) dy\} dx.$$

Для визначення щільності розподілу однієї координати двовірного випадкового вектора слід знайти інтеграл його щільності за змінною, яка відповідає другій координаті.

Третій метод полягає в обчисленні ймовірності потрапляння випадкової точки  $(X, Y)$  в область  $D$ , що характеризує темп та амплітуду рухів пілота:

$$P(X, Y) \in D = \iint_{(D)} f(x, y) dx dy.$$

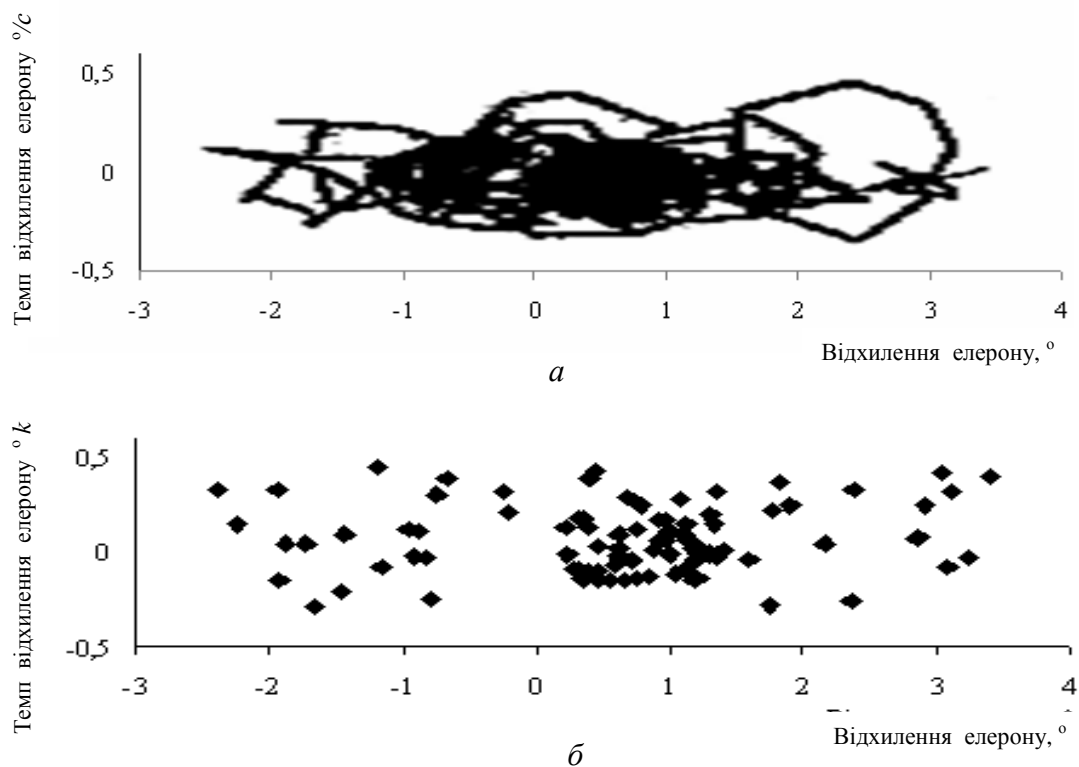


Рис. 4. Фазовий портрет відхилення елеронів (а) і дисперсія  $D_1$  (б) спонтанного типу діяльності людини-оператора АНС

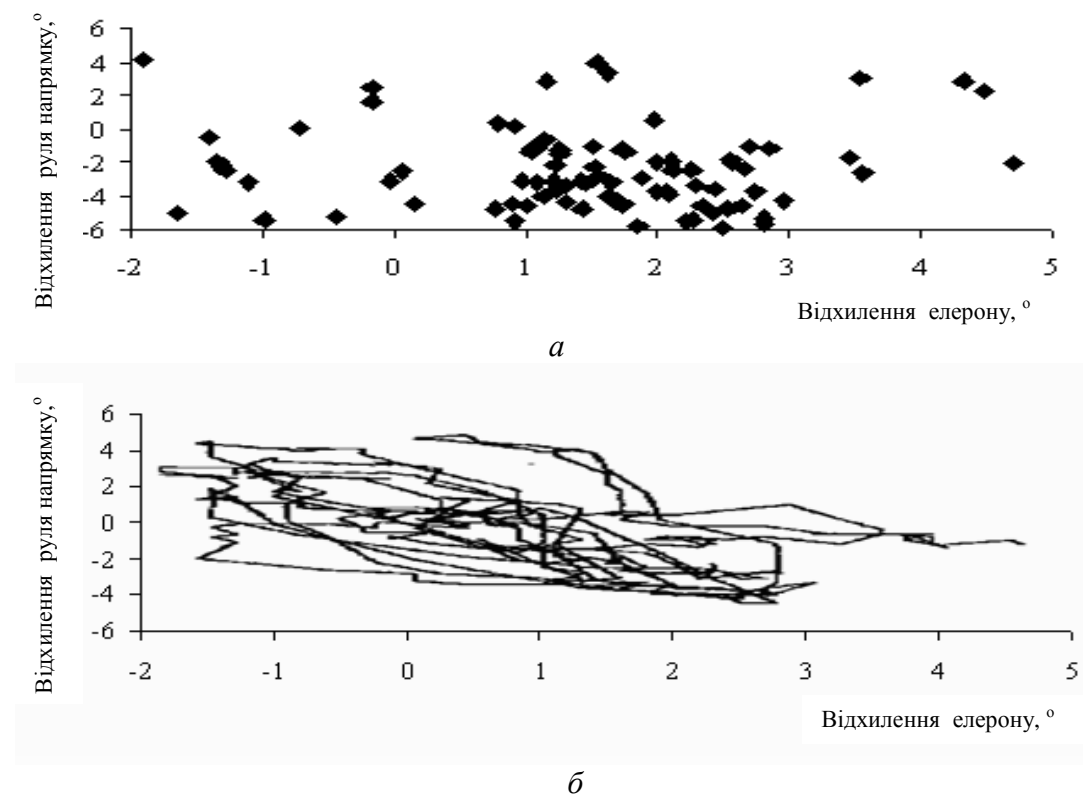


Рис. 5. Фазовий портрет відхилення елеронів (а) і дисперсія  $D_2$  (б) емоційного типу діяльності людини-оператора АНС



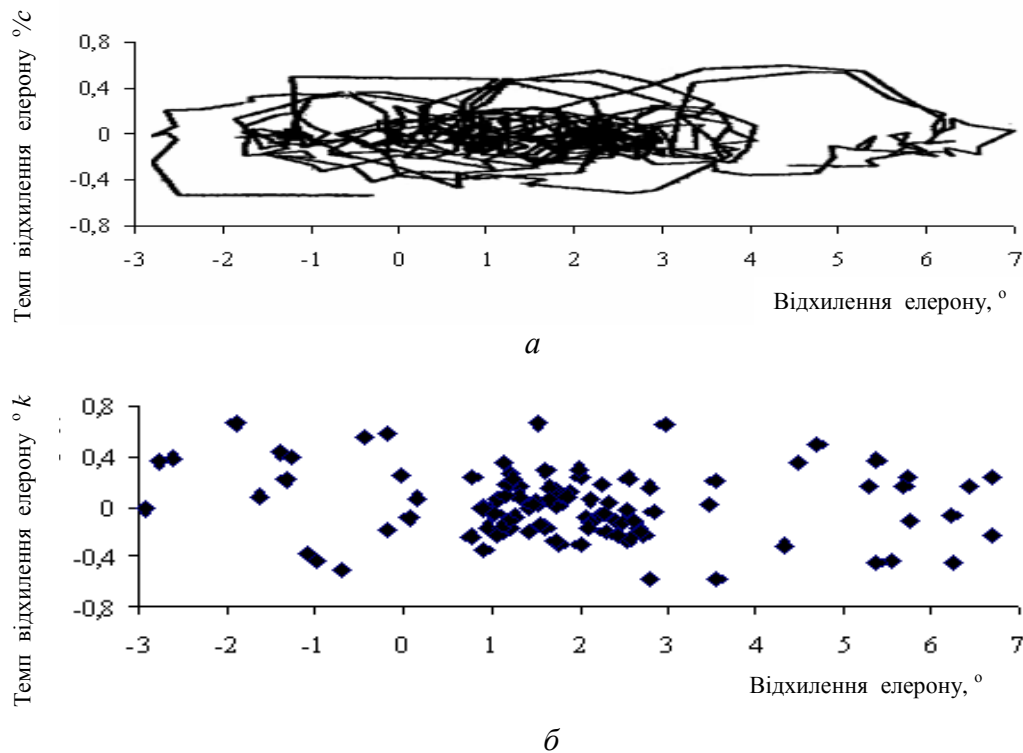


Рис. 6. Фазовий портрет відхилення елеронів (а) і дисперсія  $D_3$  (б) розсудливого типу діяльності людини-оператора АНС

Таблиця 2

#### Ідентифікація емоційного стану пілота

Тип діяльності	Центр розподілу випадкової величини		Розрахунок дисперсії випадкової величини			
	$X_0$	$Y_0$	$M(d^2)$	$M^2(d)$	D	Межі D за $n = 100$
Спонтанний	0,61	0,01	1,62	0,87	0,74	0,60–0,91
Емоційний	1,31	-1,25	11,87	10,06	1,81	1,41–2,24
Розсудливий	2,11	0,03	4,81	2,67	2,14	1,51–2,32

Своєчасна ідентифікація емоційного стану пілота в екстремальних умовах польоту запобігатиме розвитку ситуації до катастрофічної.

#### Графоаналітичні моделі розвитку польотної ситуації

Системний підхід до побудови моделі прийняття рішення людини-оператора АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК з комплексним урахуванням факторів на кожному етапі прийняття рішення розглянуто в роботі [11].

У ході моделювання розвитку польотних ситуацій доцільно використовувати орієнтовані графи.

Отримані моделі розвитку польотної ситуації  $M_c$  і моделі прийняття рішень людиною-оператором АНС  $M_{пр}$  з урахуванням індивідуальних якостей людини-оператора, яка приймає рішення мають вигляд орієнтованого графу  $\bar{G}$  (рис. 7).

Приклад моделювання прийняття рішень людиною-оператором АНС (слухове сприйняття інформації за допомогою зовнішніх джерел) у разі виникнення складної ситуації в польоті на етапі горизонтального польоту в неочікуваних умовах експлуатації ПК показано на рис. 7.

Представимо порівнявну формалізацію графоаналітичної моделі прийняття рішень людиною-оператором АНС відповідно до ієрархічної моделі прийняття рішень людиною-оператором в АНС, показаної на рис. 2.

Перший рівень (сприйняття інформації) описаний множиною каналів  $\bar{G}_0$ , за допомогою яких людина-оператор сприймає інформацію.

Другий рівень (ідентифікація ситуації) представлений множиною:

$$\bar{G}_i = \{ \bar{G}_p, \bar{G}_s, \bar{G}_c \},$$

де  $\bar{G}_p = F(\psi, H, V, V_y, \beta, \gamma, \vartheta)$  – вектор, що залежить від параметрів польоту (курс, висота, горизонтальна швидкість, вертикальна

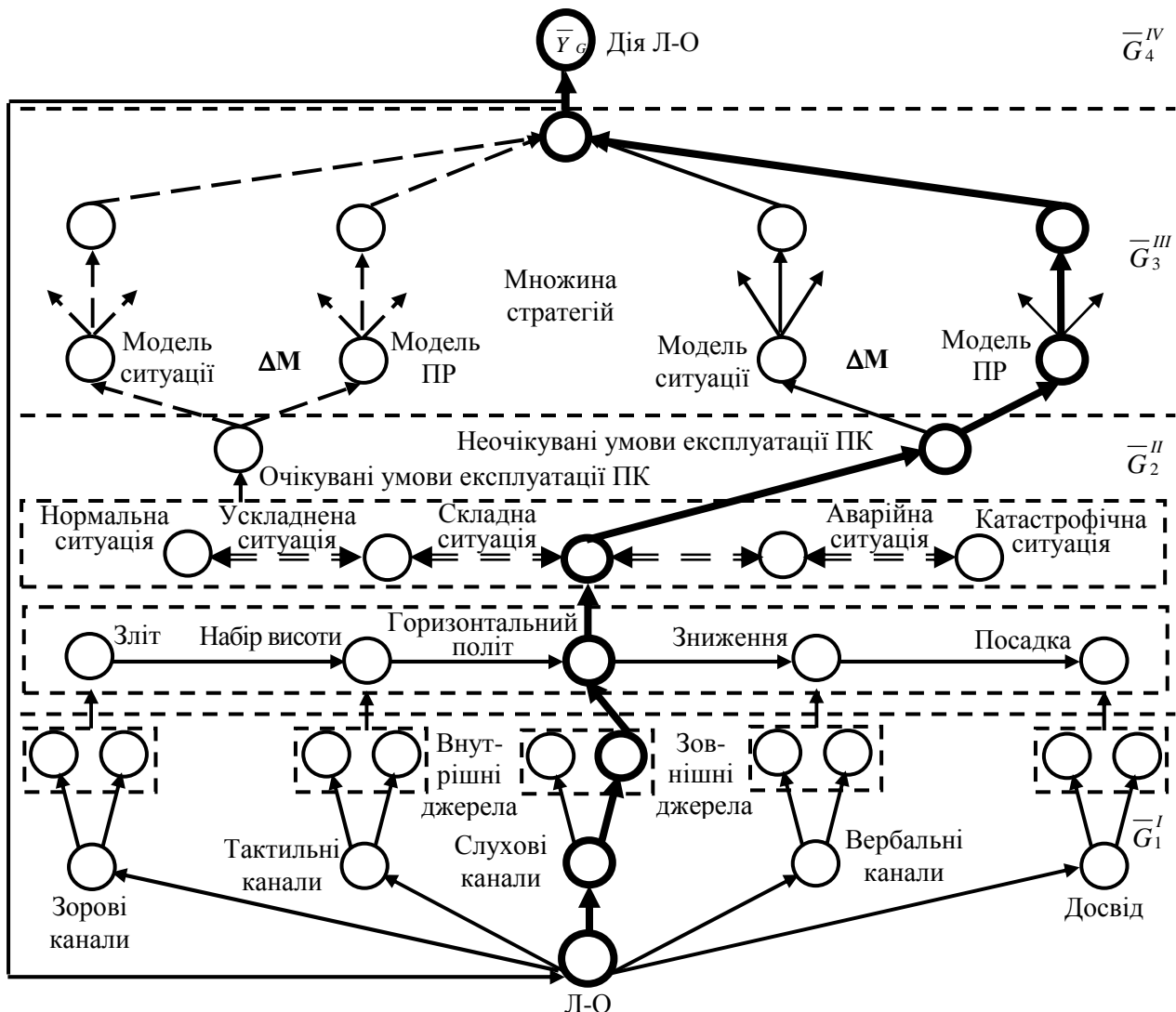


Рис. 7. Графоаналітична модель прийняття рішення людиною-оператором  $\bar{Y}_G$ :  
Л-О – людина-оператор;  
ПР – прийняття рішення

швидкість польоту ПК, ковзання, тангаж ПК) на етапі польоту ПК (зліт, набір висоти, горизонтальний політ, зниження, посадка);

$\bar{G}_s$  – підмножина польотної ситуації на етапі функціонування об'єкта керування (нормальна, ускладнена, складна, аварійна, катастрофічна ситуація відповідно);

$\bar{G}_c$  – підмножина умов експлуатації об'єкту керування (очікувані та неочікувані умови експлуатації ПК).

Третій рівень (прийняття рішень людиною-оператором АНС) описується множиною:

$$\bar{G}_d = \{ \bar{G}_{Mds}, \bar{G}_{Mdm} \},$$

де  $\bar{G}_{Mds}$  – підмножина стратегій розвитку ситуації;

$\bar{G}_{Mdm}$  – підмножина стратегій прийняття рішень людиною-оператором з урахуванням дії на людину, яка приймає рішення, факторів професійного  $\bar{F}_p$  і непрофесійного  $\bar{F}_{np}$  характеру.

Формалізація третього рівня графоаналітичної моделі прийняття рішень людиною-оператором АНС представлена функціональною схемою системи керування «людина-оператор – ПК – середовище» (рис. 8).

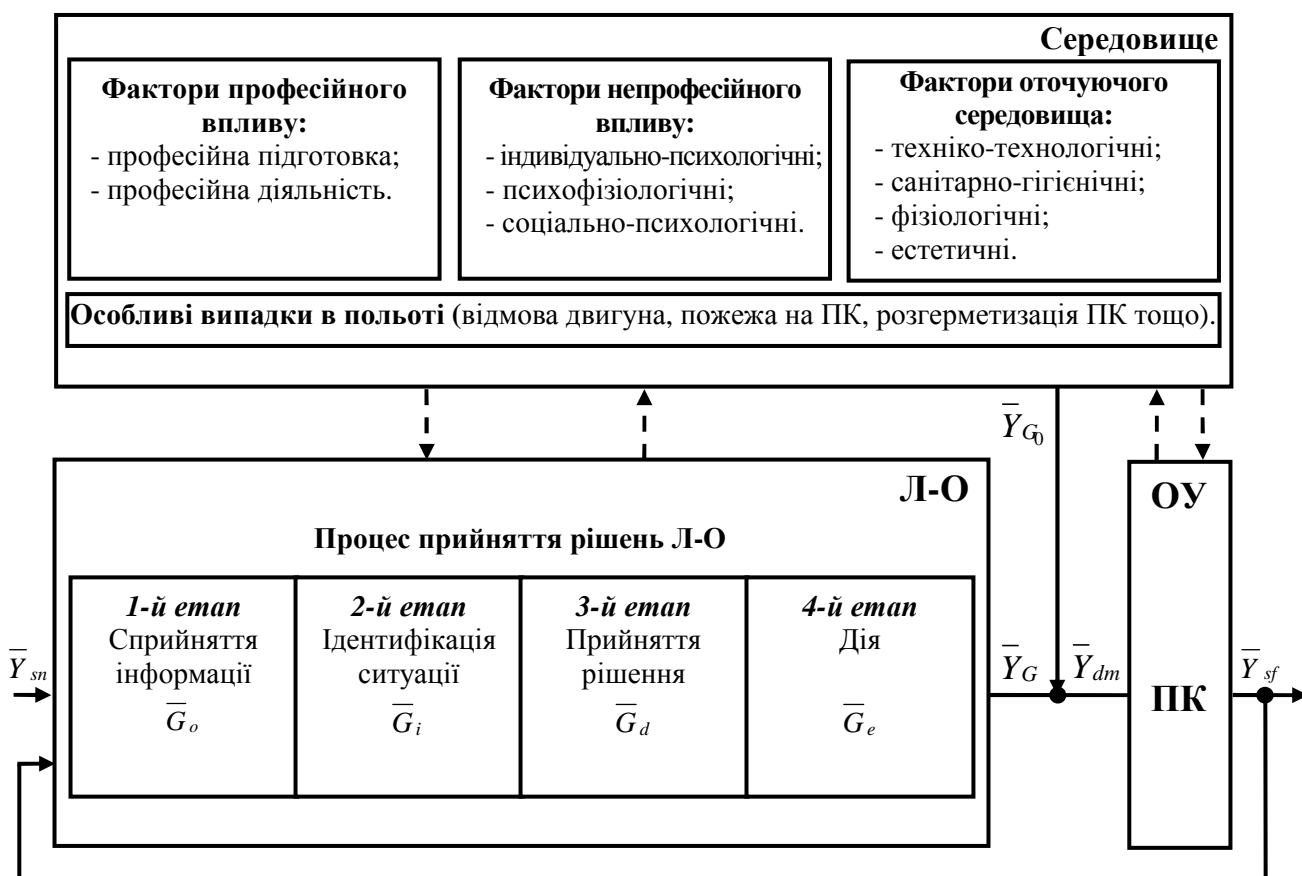


Рис. 8. Система «людина-оператор – ПК – середовище»:

Л-О – людина-оператор;

$\bar{Y}_{sn}$  – вектор заданих вхідних значень розвитку польотної ситуації;

$\bar{Y}_G$ ,  $\bar{Y}_{G_0}$  – вектори керуючих дій людини-оператора без врахування та з врахуванням впливу середовища відповідно;

$\bar{Y}_{dm}$  – вектор прийняття рішення людини-оператора;

$\bar{Y}_{sf}$  – вектор фактичних значень розвитку польотної ситуації

Задача керування полягає у виборі такої вхідної дії  $\bar{Y}_{sn}$ , яка за будь-яких збурюючих впливів оточуючого середовища  $\bar{Y}_{G_0}$  (виникненні особливого випадку польоту та впливі факторів професійного  $\bar{F}_p$  і непрофесійного  $\bar{F}_{np}$  характеру на людину-оператора) забезпечує заданий рівень вихідної величини  $\bar{Y}_{sf}$  за рахунок моделювання оптимальної дії керуючого елемента (людина-оператор)  $\bar{Y}_{dm}$ .

Четвертий рівень (дія людини-оператора) полягає у виборі оптимальної дії керуючого елемента (людина-оператор) і може бути представлений векторною функцією:

$$\bar{Y}_G = F(\bar{G}_o, \bar{G}_i, \bar{G}_d, \bar{G}_e),$$

де  $\bar{G}_o, \bar{G}_i, \bar{G}_d, \bar{G}_e$  – етапи оброблення інформації і прийняття рішення відповідно: сприйняття інформації людиною-оператором, ідентифікація інформації, безпосередньо прийняття рішень, набутий досвід (зворотний зв'язок), керуюча дія людини-оператора в особливих випадках польоту з урахуванням професійних та непрофесійних факторів (рис. 9,  $\bar{Y}_{G_0}$ ), що впливають на людину як в очікуваних, так і в неочікуваних умовах експлуатації ПК.

### Висновки

Проаналізовано фактори, які впливають на людину-оператора АНС, що приймає рішення в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК:

- професійного характеру (рівень знань, навичок, умінь, стаж роботи, інтуїція);
- непрофесійного характеру (індивідуально-психологічні, психофізіологічні, суспільно-психологічні фактори).

Досліджено вплив соціально-психологічних факторів на професійну діяльність людини-оператора АНС, що дозволило отримати відомості про мотиви поведінки, цінності й пріоритети авіаційних фахівців, ієрархію і розвиток цих динамічних категорій на етапах прийняття рішень людиною-оператором АНС:

- сприйняття інформації;
- ідентифікація ситуації;
- прийняття рішення;
- дії.

Визначено запаси стійкості в разі відхилення емоційного типу психічної діяльності людини-оператора АНС від оптимального.

У результаті проведеної декомпозиції отримані графоаналітичні моделі:

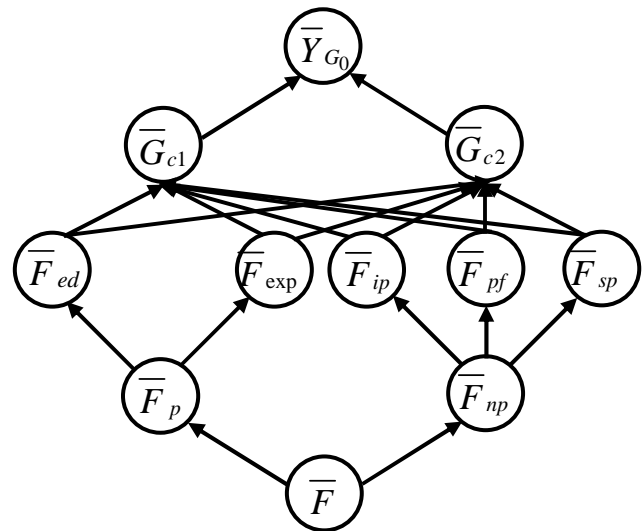


Рис. 9. Підграф  $\bar{Y}_{G_0}$  факторів  $\bar{F} = \{\bar{F}_p, \bar{F}_{np}\}$ , що впливають на прийняття рішення людиною-оператором АНС:

$\bar{F}_p = \{\bar{F}_{ed}, \bar{F}_{exp}\}$  – фактори професійної діяльності людини-оператора;

$\bar{F}_{ed}$  – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором у процесі навчання;

$\bar{F}_{exp}$  – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором у процесі професійної діяльності;

$\bar{F}_{np} = \{\bar{F}_{ip}, \bar{F}_{pf}, \bar{F}_{sp}\}$  – фактори непрофесійної діяльності людини-оператора;

$\bar{F}_{ip}$  – множина індивідуально-психологічних якостей людини-оператора (пам'ять, мислення, воля, сприйняття інформації, увага);

$\bar{F}_{pf}$  – множина психофізіологічних якостей людини-оператора (особливості нервової системи, емоційний тип, соціотип);

$\bar{F}_{sp}$  – множина соціально-психологічних якостей людини-оператора (моральні, економічні, соціальні, політичні, правові тощо);

$\bar{G}_{c1}, \bar{G}_{c2}$  – очікувані та неочікувані умови експлуатації ПК відповідно

– модель розвитку польотної ситуації з урахуванням індивідуальних якостей особи, що приймає рішення;

– модель прийняття рішення людиною-оператором АНС з урахуванням впливу соціально-психологічних факторів.

Запропоновані моделі дозволять своєчасно діагностувати та прогнозувати можливі дії людини-оператора в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК.

Практична цінність проведених досліджень полягає в розробленні методики проведення пролонгованої соціально-психологічної корекції людини-оператора АНС у процесі навчання та професійної діяльності, а також застосування підходу до оцінки діяльності людини-оператора в ході розслідування авіаційних подій.

Одним із подальших можливих способів вирішення цієї проблеми є підбір та професійна діагностика авіаційного персоналу для визначення початкових показників надійності, а також дослідження поведінки конкретних індивідумів у позаштатних ситуаціях, моделювання та прогнозування реакцій людини-оператора АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК та для оцінки надійності аеронавігаційної системи в динамічному режимі.

### Література

1. *Лейченко С. Д.* Человеческий фактор в авиации: моногр. / С. Д. Лейченко, А. В. Малышевский, Н.Ф. Михайлик. – Кировоград: ИМЕКС, 2006. – 512 с.
2. *Швец В. А.* Анализ состояния аварийности гражданских воздушных судов Украины за период 1998–2007 гг. / В. А. Швец, О. Н. Алексеев. – К.: Госавиаадминистрация, 2008. – 83 с.
3. *Макаров Р. Н.* Психологические основы дидактики летного обучения / Р.Н. Макаров, Н.А. Нидзий, Ж.К. Шишкин. – М.: МАПЧАК, 2000. – 534 с.
4. *Человеческий фактор в системах CNS/ATM.* Разработка ориентированной на человека автоматики и передовой техники для будущих аэронавигационных систем: сб. материалов по человеческому фактору. – № 11 // Circ. ICAO 249-AN/149. – Канада, Монреаль: ICAO, 1994. – 71 с.
5. *Endsley M. R.* Designing for situation awareness: An approach to user-centered design / M.R. Endsley, B. Bolte, D. G. Jones. – London: Taylor & Francis, 2003. – 112 p.
6. *Эргономика:* сб. материалов по человеческому фактору. – № 6 // Circ. ICAO 238-AN/143. – Канада, Монреаль: ICAO, 1992. – 467 с.
7. *Интеллектуальні системи підтримки прийняття рішень:* навч. посіб. / Б. М. Герасимов, В. М. Локазюк, О. Г. Окснюк, О. В. Поморова. – К.: Вид-во Європейського ун-ту, 2007. – 335 с.
8. *Трахтенгерц Э. А.* Компьютерная поддержка принятия решений / Э. А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
9. *Шмельова Т. Ф.* Моделирование процессу принятия решений людиною-оператором авіаційної ергатичної системи з урахуванням впливу психофізіологічних та суспільно-психологічних факторів / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Наукові праці академії: зб. наук. пр. – Кировоград: ДІАУ, 2007. – Вип. XII. – С. 342–355.
10. *Хьютсон А.* Дисперсионный анализ / А. Хьютсон. – М.: Статистика, 1971. – 88 с.
11. *Шмелева Т. Ф.* Формализация деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы во внештатных ситуациях / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №5 (46). – С. 296–300.